Z. Säugetierkunde **61** (1996) 73–92
© 1996 Gustav Fischer, Jena

ZEITSCHRIFT FÜR SÄUGETIERKUNDE
INTERNATIONAL JOURNAL OF MAMMALIAN BIOLOGY

Unterscheidung der Spitzmausarten *Sorex araneus* L., 1758 und *Sorex coronatus* Millet, 1828 mit Hilfe einer neuen Diskriminanzfunktion

Von H. Turni und E. F. Müller

Zoologisches Institut, Abt. Physiologische Ökologie, Universität Tübingen, Tübingen

Eingang des Ms. 01. 12. 1995
Annahme des Ms. 12. 12. 1995

Abstract

Discrimination of the shrew species Sorex araneus L., 1758 and Sorex coronatus Millet, 1828 by help of a new discriminance function.

Described is a new function to discriminate *Sorex araneus* from *S. coronatus* on the basis of skull characteristics. The new function is based upon the measurement of four easily obtainable distances, which hardly correlate with each other and usually are present in material from owl pellets. Among 114 biochemically (PAGE) determined specimens the new discriminant function assigned 100% correctly, compared to 92,1% with the function developed by Hausser and Jammot (1974) and 89,81% with the index x5/x6 (Handwerk 1987). In order to be able to discriminate between uncompletely conserved skulls indices were determined for skull and mandibles. Using the new discriminant function as well as additional indices and characteristics material from collections and owl pellets from almost all over Baden-Württemberg was investigated (ca. 4000 *Sorex araneus/coronatus*). A comparative study based upon suitable distances showed that there exist geoclimatic variations: e. g. individuals from populations in the Alpine foreland are bigger on average than those from other climatic regions. Among different climatic regions interspecific variations are usually larger than intraspecific variations. However, with regard to the constancy of the new discriminant function the variations are neglectable because overlapping of single distances remains small. In sympatric populations a character displacement could not be found.

Einleitung

Eine sichere Unterscheidung der sehr nahe verwandten Arten *Sorex araneus* und *Sorex coronatus* ist gegenwärtig nur anhand ihrer Karyotypen oder mit biochemischen Methoden möglich, z. B. mit Hilfe der Polyacrylamidgel-Elektrophorese (PAGE) des Serumproteins Albumin (Hausser und Zuber 1983) – mit Ausnahme der südwestalpinen Chromosomenrasse *S. araneus* „Valais“ (Hausser et al. 1991) – sowie der Elektrophorese des Urin-Pepsins (Neet und Hausser 1991).

Für eine flächendeckende Erfassung der Verbreitung beider Arten können diese Methoden jedoch kaum herangezogen werden, da mit ihnen ein erheblicher Zeit- und Materialaufwand verbunden ist. Es wurden daher zur Arttrennung geeignete morphologische Merkmale gesucht. Befunde in Nordrhein-Westfalen, wonach sich beide Arten nach der Fellfärbung gut unterscheiden lassen (von Lehmann 1955; Olert 1973; Hutterer und Vierhaus 1984), konnte Neet (1992) für die Schweiz nicht bestätigen. Hausser und Jammot (1974) entwickelten eine Diskriminanzfunktion für 4 Mandibelmeßstrecken, die 95,3% des überwiegend aus der Schweiz stammenden Materials richtig zuordnete. Bei der Überprüfung dieser Trennfunktion an europäischem Material (Loch 1977; Hausser 1984;

Mys et al. 1985) wurde jedoch festgestellt, daß die Mandibelmeßstrecken erheblich geographisch variieren. Hausser et al. (1990) schlugen aus diesem Grund vor, die Konstante der Trennfunktion jeweils geographisch anzupassen. Ein von Handwerk (1987) ermittelter Trennindex sowie Merkmale anderer Autoren (u. a. Pieper 1978; von Bülow 1989) bedürfen noch der Überprüfung an umfangreichem, cytologisch oder biochemisch gesichertem Material.

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung sollte zunächst die Zuverlässigkeit der Methoden und Merkmale zur morphologischen Unterscheidung von *S. araneus* und *S. coronatus* überprüft werden. Dazu wurden biochemisch sicher bestimmte Tiere aus ganz Baden-Württemberg herangezogen. Darauf aufbauend sollte schließlich eine verbesserte Trennmethode entwickelt werden, mit welcher umfangreiches Material aus Gewöllen und Sammlungen in Baden-Württemberg determiniert werden kann.

Material und Methoden

Für die vorliegende Untersuchung standen 114 biochemisch (PAGE) sicher identifzierte Tiere aus ganz Baden-Württemberg zur Verfügung. 23 *S. araneus* und 5 *S. coronatus* stammten aus dem Süd- und Nordschwarzwald (Brünner 1988, 1990), 10 *S. araneus* und 7 *S. coronatus* aus dem Naturpark Schönbuch bei Tübingen (Kulzer et al. 1993) und 43 *S. araneus* und 26 *S. coronatus* aus den übrigen Landesteilen Baden-Württembergs (Turni und Schönherr 1994). Die Schädel wurden mit Hilfe von Speckkäferlarven gesäubert.

An den 114 PAGE-Tieren und an weiteren 4 000 Schädeln aus ganz Baden-Württemberg (Sammlung Rosensteinmuseum Stuttgart, Gewöllfunde aus dem Projekt „Wildlebende Säugetiere in Baden-Württemberg“ sowie eigene Gewöll- und Totfunde) erfolgte die Überprüfung aller in der Literatur vorgeschlagener Trennmethoden und Merkmale. Hierzu wurde eine Präzisions-Schieblehre mit digitaler Anzeige (Meßgenauigkeit: 0,01 mm) und eine Stereolupe mit Meßokular benutzt. Gerätebedingte und beim Messen der Objekte unvermeidlich auftretende Meßfehler wurden dadurch vermindert, daß für jede Meßstrecke nur der Mittelwert aus mehreren Meßvorgängen verwendet wurde.

Folgende Meßstrecken, Merkmale und Trennmethoden wurden auf ihre Zuverlässigkeit überprüft:

→ Die Diskriminanzfunktion für die 4 Mandibelmeßstrecken α, β, γ und δ von Hausser und Jammot (1974). Beide Autoren führten noch folgende Hilfsmerkmale an:
- Die Fossa temporalis interna ist bei *S. araneus* geschlossen dreieckig, bei *S. coronatus* offen eiförmig (Abb. 1).
- Der Processus coronoideus verläuft bei *S. araneus* gerade oder leicht nach hinten geneigt, bei *S. coronatus* hingegen eher nach vorn (Abb. 2).
- Das Foramen mandibularis tritt oft doppelt bei *S. araneus* auf, meist bis zur Mitte des Unterrandes der Fossa temporalis interna reichend; bei *S. coronatus* einfach und im hinteren Teil unterhalb der Fossa temporalis interna.
- Das Foramen mentale liegt bei *S. araneus* unter der vorderen Hälfte des M_1, bei *S. coronatus* unter der Mitte des M_1.
- Der untere Incisivus verläuft bei *S. araneus* als horizontale Verlängerung der Mandibel, bei *S. coronatus* steigt er leicht an.

→ von Bülow (1989) erwähnt zwei buccale Knochenwülste am Kopf des Processus coronoideus, die bei *S. araneus* weiter auseinander liegen als bei *S. coronatus* (Abb. 2).

→ Auf die Caudalfläche des Processus articularis machte erstmals Pieper (1978) aufmerksam. Demnach weist *S. araneus* einen relativ niedrigeren und an der Basis breiteren Condylus auf als *S. coronatus* (Abb. 3).

Handwerk (1987) nahm am Condylus 4 Meßstrecken (X18, X19, X20, X21) und trennte mit dem Index X21/X19 93,4% seines Materials. Er benutzte für seine Messungen u. a. eine Schieblehre, die auf 0,1 mm Dicke zurückgeschliffen wurde. Für seine Meßstrecke X21 ist eine korrekte Messung anders kaum möglich; vermutlich wurde sie deshalb in der Praxis (vgl. Berger et al. 1992) durch die buccale Artikularhöhe ersetzt.

In der vorliegenden Arbeit wurde jedoch auch die buccale Artikularhöhe verworfen, da sich eine einheitliche Meßweise nicht ergab und die Abweichung aus jeweils mehreren Messungen zu groß war. Deshalb wurde die Qualität der gut meßbaren Strecke X18 geprüft. Für X18 und X19 werden im folgenden die Synonyme AH und AB (Abb. 3) verwendet.

→ Zusätzlich gemessen wurden die Coronoidhöhe (Corh) und die Breite der knöchernen Verbindung zwischen der Incisura sigmoidea und der Vertiefung oberhalb des Foramen mandibularis (IV) (Abb. 4).

→ Handwerk (1987) konnte auch Unterschiede am Oberkiefer herausarbeiten:

- Das Foramen magnum ist bei *S. araneus* eng und spitz, bei *S. coronatus* weit und rund.
- Der Processus zygomaticus ist bei *S. araneus* relativ kurz, bei *S. coronatus* relativ lang.
- Der Abstand der Foramina vascularia war an seinem Material bei *S. araneus* durchschnittlich enger als bei *S. coronatus*.
- Aus dem Abstand zwischen den Postglenoidalfortsätzen (X5) und der Zygomaticus-Breite (X6) erstellte Handwerk (1987) den Index X5/X6. Bei Index-Werten über 1,0 könne von *S. araneus*, bei Werten unter 1,0 von *S. coronatus* ausgegangen werden. Mit diesem Index trennte er 90,1% seiner Tiere.

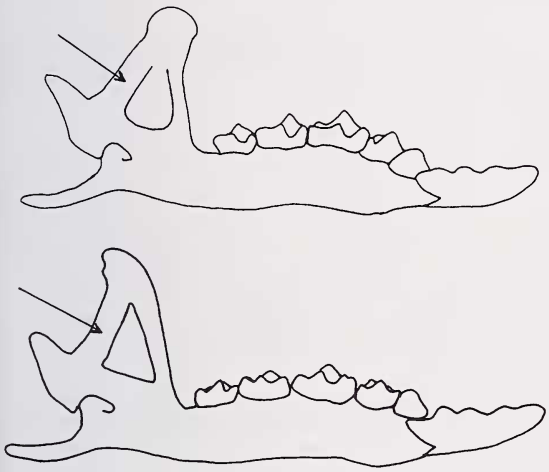

Abb. 1. Form der Fossa temporalis interna bei *S. coronatus* (oben) und *S. araneus* (unten)

Auch diese Merkmale entbehrten der Bestätigung durch anderes, sicher determiniertes Material und wurden deshalb in der vorliegenden Arbeit untersucht.

Die berücksichtigten Oberkiefer-Meßstrecken (Abb. 5) waren:

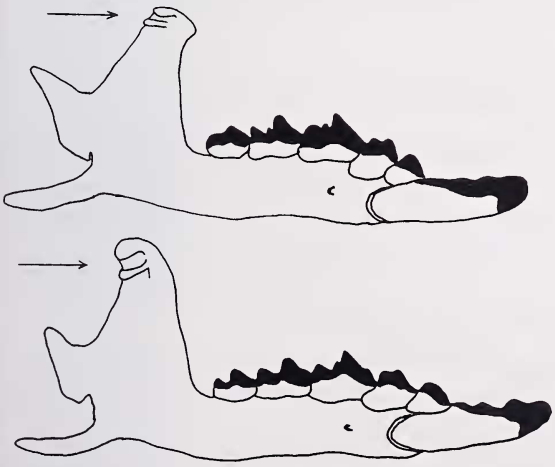

Abb. 2. Neigung des Processus coronoideus sowie der Abstand der buccalen Knochenwülste bei *S. coronatus* (oben) und *S. araneus* (unten)

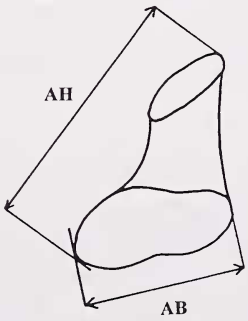

Abb. 3. Meßstrecken AH und AB

Cbl (Condylobasallänge), FV (Abstand der Foramina vascularia, Lochmitten), PB (Abstand der Postglenoidalfortsätze = X5 bei Handwerk 1987) sowie Zyg (Zygomaticusbreite = X6 bei Handwerk 1987).

Abb. 4. Meßstrecken Corh und IV

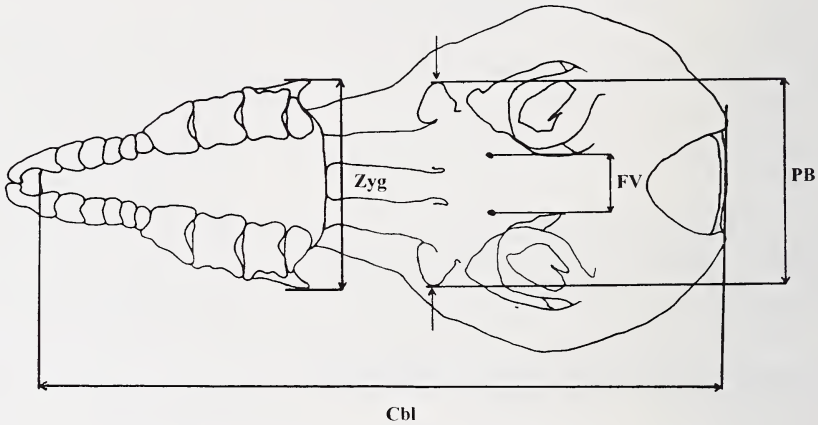

Abb. 5. Meßstrecken Cbl, PB, FV und Zyg (Schädel von *S. coronatus*)

Statistische Methoden

Der Umfang biochemisch (PAGE) eindeutig identifizierter Individuen (n = 114) blieb etwas zu gering, um eine aussagekräftige biometrische Analyse durchzuführen. Aus diesem Grund erfolgte zunächst eine vorläufige Artzuordnung an 347 Individuen aus den zentralen Landesteilen mit Hilfe eines Komplexes ausgewählter Trennmethoden und Merkmale, für welche lt. Literatur zumindest regional, z. T. aber auch überregional eine hohe Zuverlässigkeit angenommen wurde:

→ Diskriminanzfunktion von Hausser und Jammot (1974) (unter dem Vorbehalt, daß die Konstante C regional angepaßt werden muß)
→ Neigung des Processus coronoideus (Hausser und Jammot 1974)
→ Form der Fossa temporalis interna (Hausser und Jammot 1974)
→ Caudalfläche des Processus articularis (Pieper 1978)
→ Index X5/X6 (Handwerk 1987)
→ relativer Abstand der Foramina vascularia (Handwerk 1987)

Nach dieser Zuordnung lagen 197 *Sorex araneus* und 150 *Sorex coronatus* vor. An ihnen erfolgten die ersten Messungen und statistischen Auswertungen.

Die sehr umfangreiche Diskriminanzanalyse und der Kolmogorov-Smirnov-Test wurden mit Hilfe des Programmes SPSS/PC$^+$ durchgeführt.

Linder und Berchthold (1982) geben zu bedenken, daß die Daten in einer Diskriminanzanalyse doppelt verwendet werden: Zunächst wird mit den Daten eine Diskriminanzfunktion erstellt, um dann am gleichen Datenmaterial diese Trennfunktion zu überprüfen. Die Folge ist oft ein zu optimistisches Resultat. Deshalb wurde vorgeschlagen, die Überprüfung der ermittelten Trennfunktion an anderem Material vorzunehmen. In der vorliegenden Untersuchung wurde so verfahren, daß für die Diskriminanzanalyse die 347 Individuen aus den zentralen Landesteilen herangezogen wurden. Die erste Überprüfung der berechneten Diskriminanzfunktion erfolgte am gleichen Material, eine zweite an den 114 PAGE-Tieren.

Ergebnisse

Die Lage- und Streuungswerte beider Verteilungen waren für jede Meßstrecke im Erwartungsbereich der Literaturangaben.

Tabelle 1. Die ermittelten Lage- und Streuungszahlen einzelner Schädelmaße.

Meßstrecke	*Sorex araneus* n = 197		*Sorex coronatus* n = 150	
	$\bar{x} \pm s$	min – max	$\bar{x} \pm s$	min – max
Cbl	18,795 ± 0,354	17,49 – 19,60	18,370 ± 0,287	17,51 – 19,10
PB	5,538 ± 0,149	5,19 – 5,93	5,304 ± 0,133	4,96 – 5,61
FV	1,269 ± 0,086	0,98 – 1,53	1,487 ± 0,088	1,24 – 1,70
AH	2,181 ± 0,085	1,98 – 2,38	2,306 ± 0,082	2,10 – 2,53
AB	1,345 ± 0,064	1,17 – 1,49	1,206 ± 0,058	1,07 – 1,38
IV	1,037 ± 0,069	0,86 – 1,21	1,100 ± 0,072	0,96 – 1,27
α	6,982 ± 0,199	6,35 – 7,51	6,652 ± 0,166	6,14 – 7,01
β	1,199 ± 0,095	1,00 – 1,49	1,259 ± 0,091	1,08 – 1,58
γ	1,922 ± 0,162	1,54 – 2,45	2,124 ± 0,155	1,78 – 2,49
δ	0,314 ± 0,105	0,00 – 0,58	0,132 ± 0,086	–0,06 – 0,33

„Kolmogorov-Smirnov-Test (K-S-Test) für die Güte der Anpassung“ und t-Test

Mit dem K-S-Test für die Güte der Anpassung (Sachs 1992) wurde die Wahrscheinlichkeit p für eine Normalverteilung jeder einzelnen Meßstrecke berechnet. Daraus ging hervor, daß die Annahme einer Normalverteilung für die Meßstrecken IV bei *S. coronatus* und für *β* bei *S. araneus* am vorliegenden Material unwahrscheinlich ist und verworfen werden muß. Normalverteilung, nicht zu kleine Stichprobenumfänge und gleiche Standardabweichungen waren Voraussetzung für den t-Test (Lorenz 1988). Mit Ausnahme von IV und *β* erfüllten sämtliche Meßstrecken die Voraussetzungen für den t-Test und zeigten dort jeweils hochsignifikante Unterschiede.

Andere Meßstrecken

Zuweilen war der Processus zygomaticus abgebrochen und eine korrekte Meßweise von Zyg nicht mehr möglich. Zyg wurde im folgenden nur noch für die Überprüfung des „Handwerk-Indexes“ X5/X6 herangezogen. Die Coronoidhöhe (Corh) zeigte zwar im t-Test einen signifikanten Unterschied, der Überschneidungsbereich beider Verteilungen war jedoch so groß, daß diese Meßstrecke für weitere Berechnungen zur Trennung beider Arten keine Verwendung fand. Andere Meßstrecken wurden verworfen, weil selbst bei größeren Stichproben nur geringe Unterschiede auftraten, oder weil eine einheitliche Meßmethode nicht möglich war.

Lineare Abhängigkeit der einzelnen Meßstrecken untereinander

Als Maß für die lineare Abhängigkeit zwischen zwei Parametern gilt der Maßkorrelationskoeffizient r (Lorenz 1988). In den Tabellen 2 und 3 sind die Koeffzienten für jedes Meßstreckenpaar angegeben.

Tabelle 2. Maßkorrelationskoeffizient r bei *Sorex araneus*

	Cbl	PB	FV	AH	AB	IV	α	β	γ	δ
Cbl	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
PB	0,3146	–	–	–	–	–	–	–	–	–
FV	0,1006	0,3478	–	–	–	–	–	–	–	–
AH	0,2769	0,2579	0,0572	–	–	–	–	–	–	–
AB	0,1575	0,4905	0,0256	**0,5534**	–	–	–	–	–	–
IV	0,2412	0,1453	0,0448	0,3314	0,2812	–	–	–	–	–
α	**0,5339**	0,2549	0,0308	0,2719	0,1901	0,2649	–	–	–	–
β	0,2309	0,1323	0,0309	0,4201	0,1461	–0,014	–0,021	–	–	–
γ	0,1638	0,2245	0,0699	0,0819	0,1319	0,0642	0,3574	–0,346	–	–
δ	0,1121	0,0701	–0,048	–0,033	–0,017	–0,072	0,0323	0,2449	–0,216	–

Tabelle 3. Maßkorrelationskoeffizient r bei *Sorex coronatus*

	Cbl	PB	FV	AH	AB	IV	α	β	γ	δ
Cbl	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
PB	0,3835	–	–	–	–	–	–	–	–	–
FV	0,2026	0,3233	–	–	–	–	–	–	–	–
AH	0,4159	0,4163	0,1921	–	–	–	–	–	–	–
AB	0,3828	0,4853	0,1775	**0,5683**	–	–	–	–	–	–
IV	0,2077	0,2373	0,0991	0,4418	0,1401	–	–	–	–	–
α	**0,5651**	0,1927	0,0127	0,3501	0,2892	0,2159	–	–	–	–
β	0,1872	0,3509	0,0993	0,3341	0,2517	0,2145	–0,018	–	–	–
γ	0,1525	0,0199	–0,078	0,0472	–0,058	–0,073	0,1788	–734	–	–
δ	0,0861	0,0619	–0,107	–0,099	–0,062	–0,099	0,0367	0,1077	–0,172	–

Mys et al. (1985) übernehmen für die Meßstreckenpaare Thorpe's Limit $|r| > 0{,}7$, d. h. alle Paare, die diesen Wert übersteigen, korrelieren zu stark, weshalb dann jeweils eine der beiden Meßstrecken verworfen werden sollte.

Eine leichte Korrelation bestand zwischen den Paaren Cbl/α und AH/AB, jedoch erreichten auch sie die kritische Grenze nicht, womit kein Anlaß zur Ablehnung vorlag.

Diskriminanzanalyse

Zunächst wurde eine Diskriminanzfunktion (DF) für 9 Meßstrecken (PB, FV, AH, AB, IV, α, β, γ und δ) ermittelt. Weitere Analysen und Überprüfungen erlaubten das Weglassen der Meßstrecke IV. Keine Einbußen in der Trennwirkung hatte schließlich der Verzicht auf die Mandibelmeßstrecken α, β, γ und δ. Mit diesem Schritt erreichte die neue DF ihre Unabhängigkeit von jener, welche Hausser und Jammot (1974) entwickelten.

Die neue Diskriminanzfunktion lautet:

$$Z = -2{,}961\ (PB) + 7{,}040\ (FV) + 9{,}163\ (AH) - 11{,}854\ (AB) + C;\ C = 0{,}9085$$

$Z < 0 \rightarrow$ *Sorex araneus*; $Z > 0 \rightarrow$ *Sorex coronatus*

Bei C = 0,9085 (die Konstante wurde für den Scheidewert Null angeglichen) hatten die Mittelwerte den Betrag ±2,5148; s (*S. araneus*) = 1,045 und s (*S. coronatus*) = 0,938. Der Unterschied war hochsignifikant (t-Test).

Die erste Überprüfung dieser neuen DF am gleichen Material ergab eine „richtige" Zuordnung von 99,42% aller Individuen (345/347). Alle weiteren Kombinationen mit zusätzlichen Meßstrecken brachten keine Verbesserung der Trennwirkung.

Anzumerken ist, daß die Artvorgabe für alle Individuen durch den Komplex von Merkmalen und Trennmethoden (s. o.) bereits mit einer Restunsicherheit erfolgte. Für die beiden „falsch" zugeordneten Individuen berechnete das Programm eine hohe Wahrscheinlichkeit für eine andere Artzugehörigkeit.

Am selben Material zeigt die Zuordnung durch die Diskriminanzfunktion von Hausser und Jammot (1974) mit den Mandibelmeßstrecken α, β, γ und δ einen größeren Überschneidungsbereich. Zunächst fand die in Hausser et al. (1990) angegebene Konstante mit dem Wert C = 8,1598 Verwendung. Die unterschiedlichen Beträge der Mittelwerte beider Verteilungen erforderten für Baden-Württemberg jedoch eine Anpassung der Konstante C. Die Optimierung der Trennung wurde durch eine Nullpunktverschiebung erreicht, wodurch sich mit C = 8,3098 eine maximale „richtige" Zuordnung von 317/347 Individuen = 91,35% ergab. Der Betrag der Mittelwerte beider Verteilungen war: $\bar{x} = \pm 1{,}570$.

Artdiagnose an unvollständigen Schädeln

Schädel aus Eulengewöllen oder von auf andere Weise beschädigten Tieren sind zuweilen so unvollständig, daß entweder nur die Mandibel oder nur Oberschädelteile erhalten geblieben sind. Damit auch solche Stücke bestimmt werden können, wurden entsprechende Indices ermittelt.

Am Oberschädel wurden die Meßstrecken PB und FV gegeneinander abgetragen. Aus der Punktwolke (Abb. 6) geht bereits eine deutliche Trennung hervor. Für beide Verteilungen wurden Konfidenzintervalle errechnet (Sachs 1992) (Tab. 4).

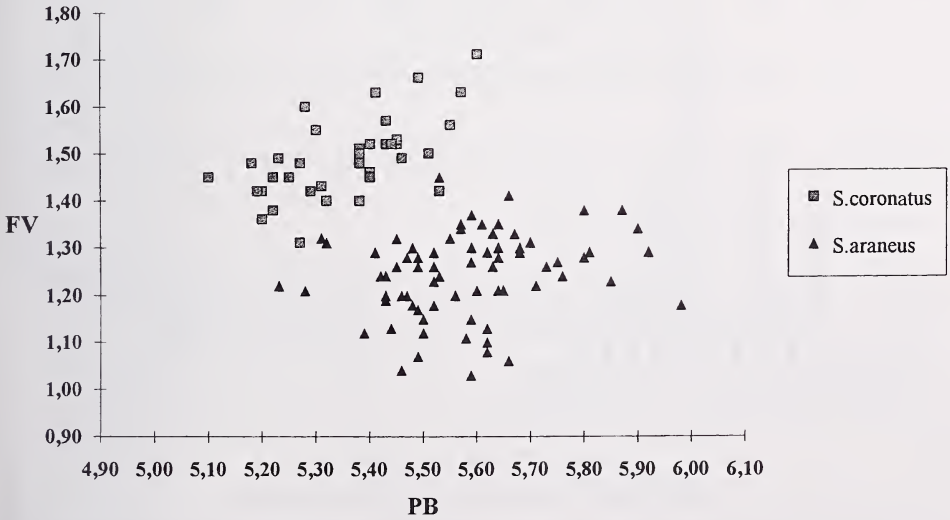

Abb. 6. Punktwolken-Diagramm für die Meßstrecken PB und FV

Tabelle 4. Werte für den Index PB/FV

	n	min – max	$\bar{x}$	s	99%-Schranken
Sorex araneus	197	3,75 – 5,07	4,38	0,275	3,66 – 5,09
Sorex coronatus	150	3,15 – 4,08	3,57	0,199	3,05 – 4,09

Tabelle 5. Werte für den Index AH/AB

	n	min – max	$\bar{x}$	s	99%-Schranken
Sorex araneus	197	1,47 – 1,82	1,62	0,068	1,45 – 1,80
Sorex coronatus	150	1,74 – 2,18	1,91	0,075	1,72 – 2,11

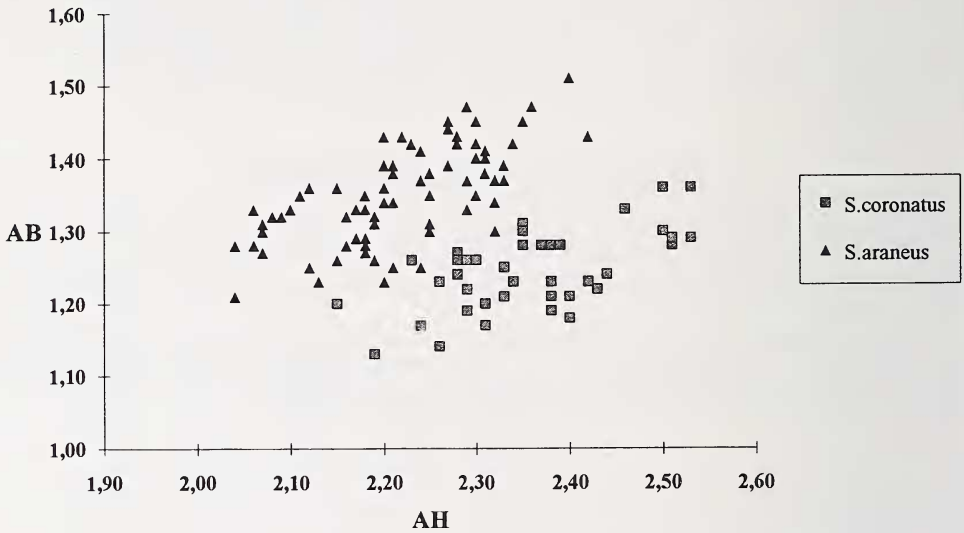

Abb. 7. Punktwolken-Diagramm für die Meßstrecken AH und AB

Aus der Überschneidung beider Intervalle konnte folgende Trennung festgelegt werden:

Index PB/FV > 4,09 → *Sorex araneus*
Index PB/FV < 3,66 → *Sorex coronatus*

Auf die gleiche Weise wurde mit den Mandibel-Meßstrecken AH und AB verfahren. Auch hier ergab sich eine deutliche Trennung beider Verteilungen (Tab. 5, Abb. 7).

Aus der Überschneidung beider Intervalle ergab sich folgende Trennung:

Index AH/AB < 1,72 → *Sorex araneus*
Index AH/AB > 1,80 → *Sorex coronatus*

Endgültige Überprüfung der Trennmethoden

Aus der biometrischen Analyse ging eine neue Diskriminanzfunktion für die Meßstrecken PB, FV, AH und AB hervor. Eine Zuordnung durch diese Trennfunktion am gleichen Ma-

terial (347 Tieren aus den zentralen Landesteilen) deutete auf eine sehr große Zuverlässigkeit (99,42%) hin. Dieses erfreuliche Resultat bedurfte aber erst der Bestätigung an anderem Material, wofür die 114 durch PAGE identifizierten Individuen (76 *S. araneus* und 38 *S. coronatus*) herangezogen wurden. Diese 114 PAGE-Tiere erschienen auf Grund ihres Umfanges und ihrer Verteilung über 51 Meßtischblätter Baden-Württembergs hinreichend geeignet, die Ergebnisse der biometrischen Analyse sowie die wesentlichsten Trennmethoden zu überprüfen.

Diskriminanzfunktionen

Die neu ermittelte Diskriminanzfunktion trennte 113/113 (= 100%) PAGE-Individuen richtig (Tab. 6). Auf Grund der mit der biometrischen Analyse weitgehend übereinstimmenden Werte und Verteilungen bestand keine Notwendigkeit, diese Diskriminanzfunktion zu verändern. Die Verteilung der beiden Arten durch die neue DF wurde in einem Säulendiagramm dargestellt (Abb. 8).

Tabelle 6. Überprüfung der neuen Diskriminanzfunktion durch PAGE-Tiere (Meßstrecken PB, FV, AH und AB)

	Sorex araneus	*Sorex coronatus*	gesamt
n	75*	38	113*
$\bar{x}$	–2,494	2,361	
s	0,983	0,837	
min – max	–4,997 – 0,318	0,561 – 4,197	
richtig**	75*	38	113*
in %	100	100	100

* Ein Individuum konnte nicht berücksichtigt werden, da der Oberkiefer stark zerstört war.
** auch Werte < |0,1| galten als nicht zuverlässig getrennt

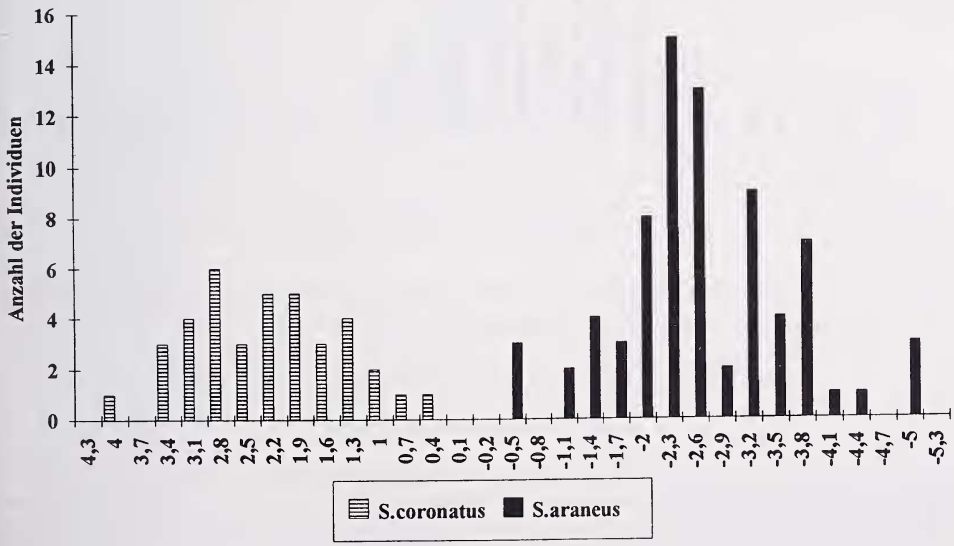

Abb. 8. Verteilung der beiden Arten durch die neu ermittelte Diskriminanzfunktion (für die Meßstrecken PB, FV, AH und AB)

Die DF von Hausser und Jammot (1974) mit der angepaßten Konstanten C = 8,3098 ordnete 105/114 (= 92,10%) richtig zu (Tab. 7), allerdings lagen noch weitere Werte mit knapp >|0,1| in der Nähe des Nullpunktes. Insgesamt besitzt auch diese DF in Baden-Württemberg eine hohe Zuverlässigkeit (Abb. 9).

Tabelle 7. Überprüfung der DF von Hausser und Jammot (1974) durch PAGE-Tiere (Meßstrecken α, β, γ und δ) mit Konstante C = 8,3098.

	Sorex araneus	*Sorex coronatus*	gesamt
n	76	38	114
$\bar{x}$	1,429	–1,413	
s	1,011	1,069	
min – max	–0,365 – 4,453	–3,601 – 0,692	
richtig**	71	34	105
in %	93,42	89,47	92,10

** auch Werte <|0,1| galten als nicht zuverlässig getrennt

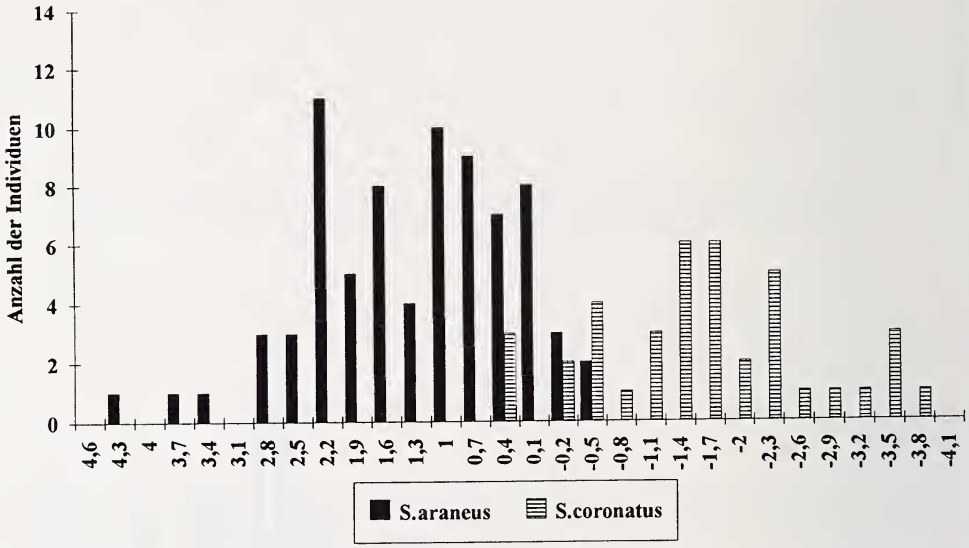

Abb. 9. Verteilung der beiden Arten durch die Diskriminanzfunktion von Hausser und Jammot (1974) (Meßstrecken *α*, *β*, *γ* und *δ*) Konstante C = 8,3098

Der Handwerk-Index X5/X6

Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß der Processus zygomaticus durch die Präparation oder in Eulengewöllen zuweilen abgebrochen vorliegt, und dann eine korrekte Messung der Meßstrecke Zyg (= X6 bei Handwerk 1987) kaum möglich ist. So konnten auch nur 108 von 114 PAGE-Tieren für eine Zuordnung mit dem „Handwerk-Index“ X5/X6 herangezogen werden. Mit 97/108 (= 89,81%) richtig bestimmten Individuen erwies sich dieser Index als recht zuverlässig.

Hilfsmerkmale

Zur Überprüfung der Hilfsmerkmale wurden zusätzlich zu den 114 PAGE-Tieren etwa 4000 Schädel aus ganz Baden-Württemberg herangezogen. Da diese Hilfsmerkmale metrisch kaum faßbar sind, unterliegen sie stets der subjektiven Beurteilung. Unter diesem Vorbehalt ließen sich nur die folgenden Hilfsmerkmale als geeignet bestätigen:
a) die Neigung des Processus coronoideus (Abb. 2),
b) der Abstand der buccalen Wülste am Kopf des Processus coronoideus (Abb. 2) und
c) die Form der Fossa temporalis interna (Abb. 1)

Balgmaterial

Aus dem Vergleich des vorhandenen Balgmaterials mit der jeweiligen Artdiagnose durch PAGE bzw. nach Schädelmerkmalen ging hervor, daß sich zwar Tendenzen, jedoch keine zuverlässigen Unterschiede in der Fellfärbung beobachten lassen. Die für *S. araneus* typische dreistufige Färbung mit breiter Schabracke konnte – auch bei adulten Tieren – nicht so häufig beobachtet werden wie erwartet. Es traten zweifarbige und einfarbige Tiere sowie Individuen mit sehr schmaler Schabracke auf. Bei *S. coronatus* stellte sich zwar öfter als bei *S. araneus* die sehr schmale Schabracke ein, jedoch konnten auch Individuen mit breiter Schabracke und sogar einheitlich braun gefärbte Tiere beobachtet werden. Neben den typisch zweifarbigen traten auch dreifarbige *S. coronatus* auf. Tendenziell waren Schabrackenspitzmäuse etwas heller gefärbt, doch variiert die gesamte Färbung mit dem Lebensraum.

Geographische Schwankungen einzelner Meßstrecken in Baden-Württemberg

Hausser (1984) ermittelte mit Hilfe statistischer Methoden die individuelle, geoklimatische und genetische Varianz dieser Arten und konnte zeigen, daß die interspezifische morphologische Varianz wesentlich stärker auf geoklimatische Einflüsse als auf genetische Ursachen zurückzuführen ist.

Die neu ermittelte Diskriminanzfunktion basiert nun auf Daten, die an Schädeln aus den zentralen Teilen Baden-Württembergs erhoben wurden. An den Meßstrecken PB, FV, AH, AB und Cbl sollte deshalb geklärt werden, ob
a) sich die Schädelproportionen in Baden-Württemberg verändern,
b) geoklimatisch bedingte intra- und interspezifische Unterschiede erkennbar sind und
c) die Qualität der neuen Trennfunktion durch möglicherweise zu große Schwankungen der Meßstrecken beeinträchtigt wird.

Für den Vergleich wurden Populationen beider Arten aus größeren, klimatisch homogenen Regionen untersucht. Hierzu wurde Baden-Württemberg in 11 Klimabezirke unterteilt, als Grundlage dienten die Klimabezirke aus dem Klima-Atlas von Baden-Württemberg (1954) (Abb. 10).

Für die einzelnen Klimabezirke wurden folgende Abkürzungen verwendet:

TÜB = Zentrale Landesteile des Oberen Neckarlandes (Zentrum: Tübingen)
BRACK = Kraichgau und Neckarbecken (Zentrum: Brackenheim)
MURR = Bauland und Schwäbische Waldberge (Zentrum: Murrhardt)
ALB = Schwäbische Alb
SCHWARZ = Schwarzwald
SO = Südliches Oberrhein-Tiefland
BODEN = Bodensee-Hügelland und Schwäbisches Alpenvorland
DONAU = Donau-Iller-Lech-Platten
NO = Nördliches Oberrhein-Tiefland
ODENW = Odenwald
MAINFR = Mainfranken und Mittelfranken

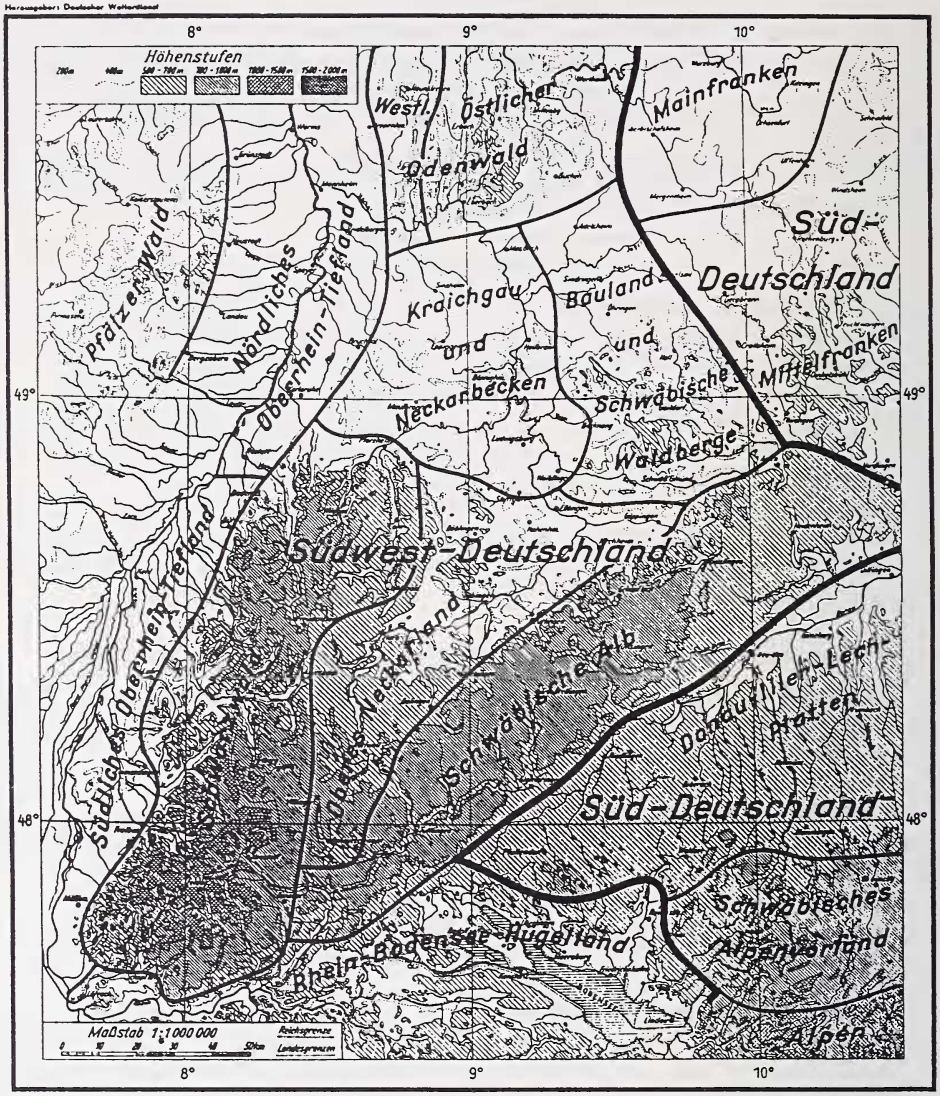

Abb. 10. Klimabezirke in Baden-Württemberg

Es gingen nur solche Individuen in die Berechnung ein, die aus möglichst zentralen Bereichen der jeweiligen Klimabezirke stammten. Zur Klärung der intraspezifischen Unterschiede wurde für jede Meßstrecke jeweils die Abweichung [in %] des Mittelwertes eines Klimabezirkes (X_i) von jenem der zentralen Region ($X_{TÜB}$) ermittelt. Als Ausdruck des interspezifischen Verhältnisses galt der Quotient $X_{i\,S.araneus}/X_{i\,S.coronatus}$ ($= \alpha_i$). Auch hier wurde jeweils die Abweichung [in %] des Quotienten α_i vom Quotienten der Zentralen Population ($\alpha_{TÜB}$) errechnet und in Tab. 12 zusammengestellt. Zur graphischen Veranschaulichung dieser Unterschiede wurden „Box-and-Whisker-Plots" (Lorenz 1988)

erstellt. Die „Box“ enthält die mittleren 50% aller Werte um den Median, die „Whiskers“ entstehen durch die Extremwerte.

Condylobasallänge (Cbl)

Für eine vergleichende Untersuchung der Meßstrecke Cbl war die teilweise geringe Anzahl vollständig erhaltener Schädel begrenzender Faktor. Einstweilen können folgende Tendenzen festgehalten werden: *S. araneus* aus der Südlichen Oberrheinebene (SO) und die Populationen beider Arten aus dem Alpenvorland sind auffällig größer als in anderen Regionen Baden-Württembergs. Beide Arten zeigten kein „Süd-Nord-Gefälle“ für diese Meßstrecke, sondern geoklimatische Unterschiede.

Meßstrecken PB, FV, AH und AB

Die verschiedenen Box-and-Whisker-Plots (Abb. 11 bis 14) veranschaulichen, daß die einzelnen Meßstrecken zwischen den Klimabezirken variieren. Zunächst mußte nun untersucht werden, wie stark die Meßstrecken in den einzelnen Klimaregionen im Verhältnis zur zentralen Region (TÜB) intraspezifisch abweichen (Tab. 8 bis 11).

Tabelle 8. Abweichung der X_i von $X_{TÜB}$ der Meßstrecke PB [in %].

	BRACK	MURR	ALB	SCHWARZ	SO	BODEN	DONAU	NO	ODENW	MAINFR
Sorex araneus	–0,03	0,45	0,86	0,02	2,02	2,83	1,04	0,77	0,95	0,52
Sorex coronatus	–0,39	0,54	0,02	–0,43	–	0,05	–	–	0,45	0,09

Tabelle 9. Abweichung der X_i von $X_{TÜB}$ der Meßstrecke FV [in %].

	BRACK	MURR	ALB	SCHWARZ	SO	BODEN	DONAU	NO	ODENW	MAINFR
Sorex araneus	–2,12	–2,52	–1,33	–0,86	2,44	2,67	–1,81	–2,44	–1,65	–1,97
Sorex coronatus	0,06	1,54	–0,06	–1,48	–	–2,69	–	–	–0,33	–0,13

Tabelle 10. Abweichung der X_i von $X_{TÜB}$ der Meßstrecke AH [in %].

	BRACK	MURR	ALB	SCHWARZ	SO	BODEN	DONAU	NO	ODENW	MAINFR
Sorex araneus	–1,79	–0,46	1,42	–1,23	1,83	0,32	–0,55	–0,23	0,04	–0,36
Sorex coronatus	–2,29	–0,73	0,39	0,21	–	1,82	–	–	–1,47	–0,56

Tabelle 11. Abweichung der X_i von $X_{TÜB}$ der Meßstrecke AB [in %].

	BRACK	MURR	ALB	SCHWARZ	SO	BODEN	DONAU	NO	ODENW	MAINFR
Sorex araneus	–2,08	–1,11	0,74	–3,34	0,67	–0,07	–1,04	–0,81	0,15	–1,26
Sorex coronatus	–2,41	1,24	1,16	0,99	–	3,31	–	–	0,41	0,33

Abweichungen der interspezifischen Unterschiede in den verschiedenen Klimaregionen

Da nur Individuen aus möglichst zentralen Bereichen jedes Klimabezirkes herangezogen wurden und aus manchen Regionen ohnehin wenige Nachweise von *S. coronatus* vorlagen, war der Stichprobenumfang in einigen Klimabezirken relativ gering, teilweise nicht ausreichend. Unter diesem Vorbehalt müssen die folgenden Ergebnisse eher als Tendenz betrachtet werden.

Tabelle 12. Abweichung der Quotienten α_i vom Quotienten $\alpha_{TÜB}$ [in %].

	BRACK	MURR	ALB	SCHWARZ	SO	BODEN	DONAU	NO	ODENW	MAINFR
PB	0,38	–0,09	0,86	0,48	–	2,77	–	–	0,48	0,38
FV	–2,22	–3,94	–1,21	0,68	–	5,57	–	–	–1,26	–1,78
AH	0,56	0,32	1,07	–1,41	–	–1,43	–	–	1,58	0,24
AB	0,35	–2,31	–0,39	–4,27	–	–3,26	–	–	–0,24	–1,56

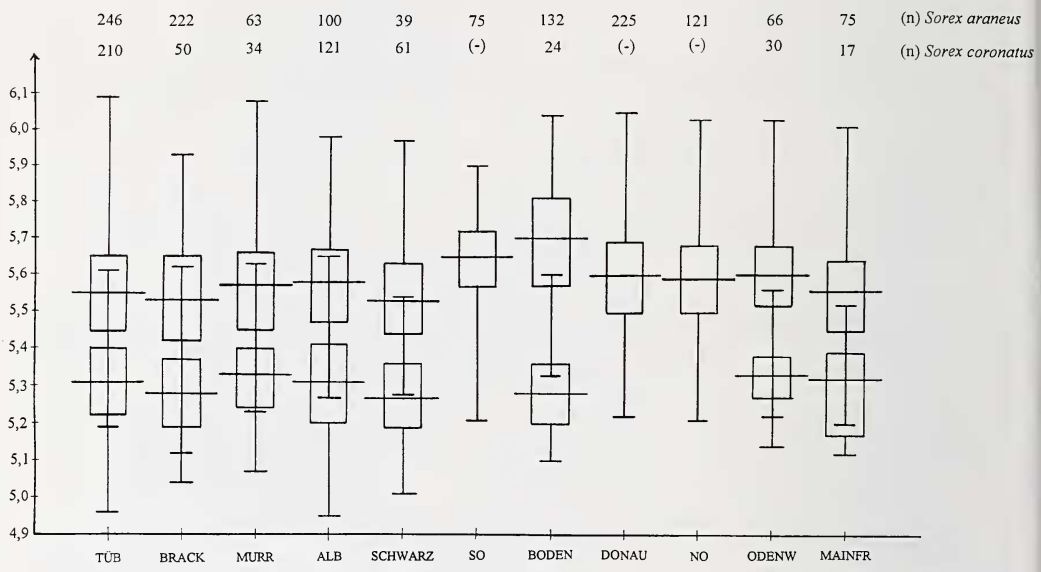

Abb. 11. Box-and-Whisker-Plots für PB in den einzelnen Klimaregionen

Diskussion

Biometrische Analyse

Im vorliegenden Fall mußte zunächst die Behauptung, daß durch einen Komplex von Trennmethoden und Merkmalen eine Arttrennung vorgenommen werden kann, überprüft werden. Zu diesem Zweck wurden 347 Individuen untersucht und es können folgende Aussagen festgehalten werden:

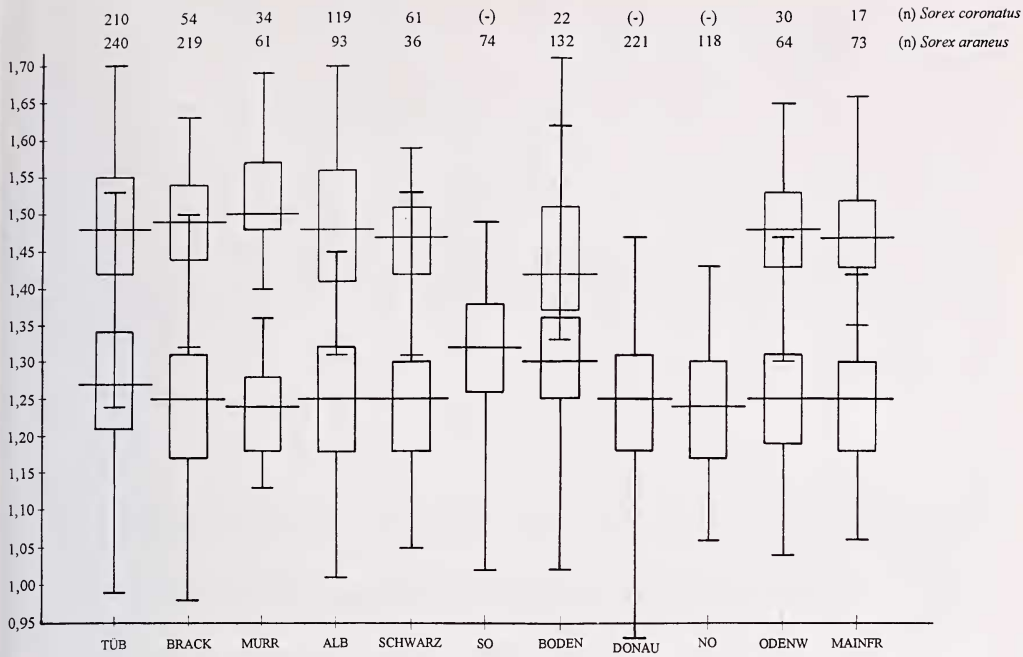

Abb. 12. Box-and-Whisker-Plots für FV in den einzelnen Klimaregionen

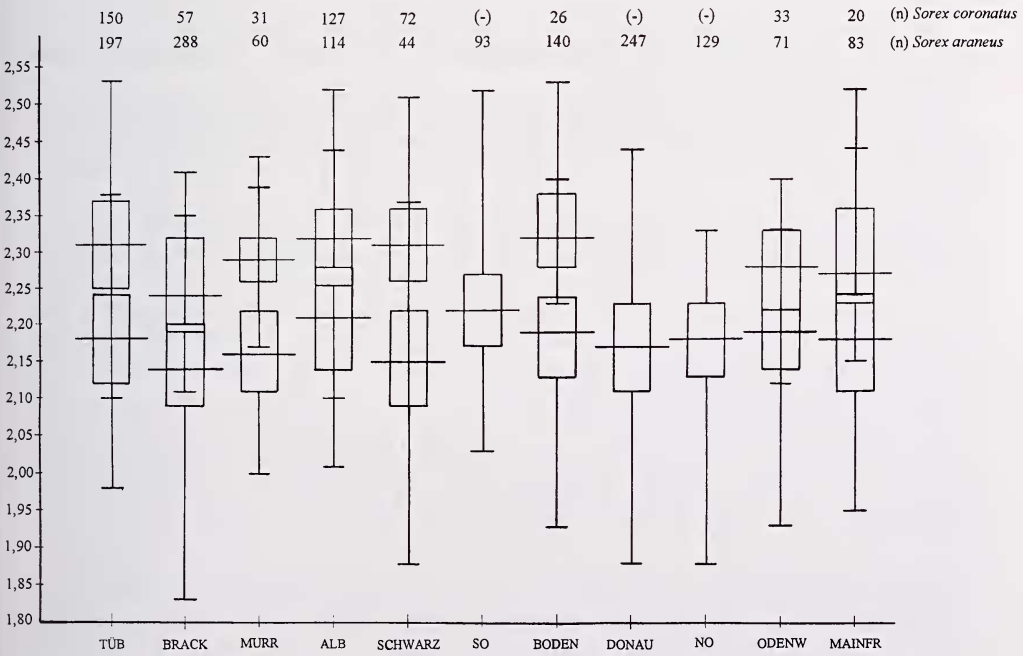

Abb. 13. Box-and-Whisker-Plots für AH in den einzelnen Klimaregionen

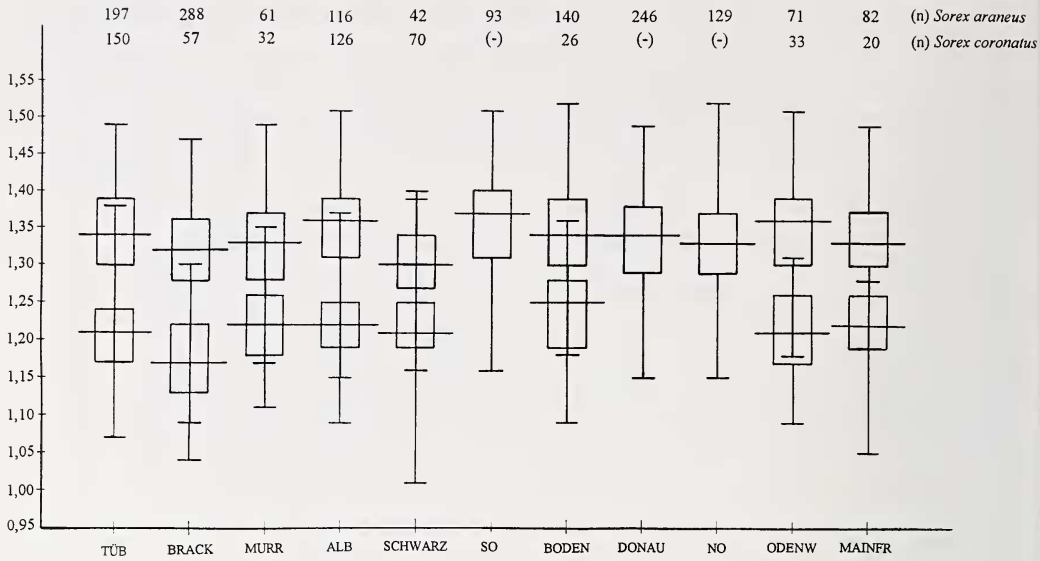

Abb. 14. Box-and-Whisker-Plots für AB in den einzelnen Klimaregionen

Die Lage- und Streuungswerte beider Verteilungen waren für jede Meßstrecke im Erwartungsbereich (Vergleich mit Literaturangaben). Die einzelnen Meßstrecken waren jeweils hochsignifikant unterschiedlich.

Bei der Diskriminanzanalyse gingen von jedem einzelnen Objekt mehrere Parameter gleichzeitig in die Berechnung ein. Mit der berechneten Diskriminanzfunktion wurden die Artvorgaben überprüft und 345/347 Individuen bestätigt. Auch diese DF war hochsignifikant unterschiedlich.

Durch die biometrische Analyse konnte also gezeigt werden, daß sich der Komplex dieser Trennmethoden und Merkmale mit großer Wahrscheinlichkeit zur Arttrennung eignet. Darüber hinaus konnte eine neue Diskriminanzfunktion für die Meßstrecken PB, FV, AH und AB entwickelt werden. Diese Meßstrecken sind untereinander nur gering korreliert, linear unabhängig von den Meßstrecken α, β, γ und δ (und somit auch unabhängig von der durch Hausser und Jammot (1974) entwickelten Diskriminanzfunktion) und fast immer an Gewöllematerial vorhanden.

Ein weiterer Vorteil der neuen DF besteht darin, daß die Meßstrecken PB, FV, AH und AB auch ohne aufwendige Meßvorrichtung problemlos meßbar sind. Bei der von Hausser und Jammot (1974) entwickelten DF muß dagegen für die Mandibelmeßstrecken α, β, γ und δ eine Stereolupe mit Meßokular (bzw. Zeichenspiegel oder Bildprojektor) verwendet werden. Die nicht immer einheitliche Bildebene bereitet jedoch meßmethodische Schwierigkeiten. Bereits Mys et al. (1985) machten auf teilweise beachtliche Schwankungen der Meßwerte für diese Mandibelmeßstrecken aufmerksam. Da sich auch in der vorliegenden Untersuchung diese Schwankungen trotz sorgfältiger Meßweise nicht vermeiden ließen, galten Funktionswerte $<|0{,}1|$ als nicht sicher zugeordnet.

Endgültige Überprüfung aller Trennmethoden und Merkmale

Die neue DF hat von allen bekannten morphologischen Trennmethoden mit annähernd 100% (345/347 bzw. 113/113 Individuen) die größte Trennwirkung. Auch die für Baden-Württemberg optimierte Form (Konstante C = 8,3098) der Trennfunktion von Hausser und Jammot (1974) erreichte höchstens eine richtige Zuordnung von 92,10%. Bemerkenswert erscheint, daß der Abstand der Mittelwerte bei der neuen DF im Vergleich zur DF von Hausser und Jammot (1974) wesentlich größer und folglich der Überschneidungsbereich kleiner ist.

Für eine Artdiagnose an unvollständigen Schädeln wurden die Indices PB/FV für den Oberschädel und AH/AB für den Unterkiefer ermittelt. Der Index PB/FV bietet eine gute Ergänzung zu dem recht zuverlässigen (89,81%) „Handwerk-Index" X5/X6 für den Oberschädel.

Auf Grund der leichteren bzw. korrekteren Handhabung ist der Index AH/AB ohne Qualitätseinbußen meßmethodisch den Indices X21/X19 (Handwerk 1987) bzw. dem „Höhen/Breiten-Index" (Berger et al. 1992) vorzuziehen.

Überprüfungen an vorliegendem Material ergaben, daß eine zuverlässige Unterscheidung von *S. araneus* und *S. coronatus* nach der Fellfärbung in Baden-Württemberg nicht möglich ist. Zu dem gleichen Resultat führte eine Untersuchung an Schweizer Material (Neet 1992). Diese Befunde stehen jenen aus Nordrhein-Westfalen entgegen, wonach sich dort beide Arten – sofern nicht juvenile Individuen vorliegen – gut nach der Fellfärbung trennen lassen sollen (von Lehmann 1955; Olert 1973; Hutterer und Vierhaus 1984; Handwerk 1987). Handwerk (1987) weist allerdings auch darauf hin, daß eine Unterscheidung in manchen Gebieten nicht möglich war.

Geographische Schwankungen einzelner Meßstrecken in Baden-Württemberg

Für *Sorex araneus* kann festgehalten werden, daß Tiere aus dem Alpenvorland und der Südlichen Oberrheinebene durchschnittlich größer sind als solche aus den nördlicheren Landesteilen. Dennoch besteht kein Süd-Nord-Gefälle hinsichtlich der Schädelgröße, vielmehr dürfte die morphologische Varianz durch klimatische Unterschiede bedingt sein, wofür die erheblichen Unterschiede zwischen den Populationen der Südlichen Oberrheinebene und des Schwarzwaldes, der Schwäbischen Alb und des Donaugebietes, des Odenwaldes und des Kraichgaus sprechen.

Für *Sorex coronatus* scheinen ähnliche Verhältnisse vorzuliegen wie für *Sorex araneus*: Die Tiere aus der Voralpenregion sind relativ größer als in allen anderen Klimabezirken. Auch hier müssen geoklimatische Ursachen für die morphologische Varianz in Betracht gezogen werden – es ist kein Süd-Nord-Gefälle erkennbar.

Zur Klärung der interspezifischen Verhältnisse zwischen den einzelnen Klimabezirken wurde die Tab. 12 erstellt. Durchschnittlich ergaben sich – sofern ein Vergleich möglich war – größere interspezifische als intraspezifische Abweichungen zwischen den Klimabezirken. Auch die verschiedenen Box-and-Whisker-Plots veranschaulichen, daß die Meßstrecken nicht überall gleichsinnig variieren. Ob die geoklimatischen Einflüsse einer größeren, klimatisch homogenen Region eine unterschiedliche Wirkung auf jede der beiden Arten hinsichtlich ihrer Morphologie haben, oder ob diese Unterschiede auf die teilweise geringen Stichprobenumfänge zurückzuführen sind, kann noch nicht abschließend geklärt werden.

Welche Folgen ergeben sich für die neue Trennfunktion in Baden-Württemberg, wenn die Meßstrecken geoklimatische Schwankungen zeigen und eventuell nicht überall gleichsinnig variieren? An den Box-and-Whisker-Plots wird deutlich, daß hinsichtlich der Abstände der Mediane und der Boxen die Überschneidungsbereiche der Meßstrecken in allen Klimabezirken gering bleiben. Überprüfungen ergaben, daß die Größenordnung der

einzelnen Schwankungen (Abweichungen in %) in Hinblick auf die Beständigkeit der neuen Trennfunktion vernachlässigbar ist.

Ist ein „character displacement" erkennbar?

Geschwisterarten wie *S. araneus* und *S. coronatus* weisen nur geringe morphologische Unterschiede auf und zeigen sehr ähnliche ökologische Ansprüche. Deshalb dürften sie nur selten gemeinsam vorkommen und es müßte dann ein „character displacement" stattfinden. Das hieße, daß bestehende geringe Unterschiede in Lebensweise und Morphologie bei sympatrischer Verbreitung verstärkt würden. Die Schädelmeßstrecken von *S. araneus* sollten also in Gebieten, wo *S. araneus* und *S. coronatus* sympatrisch sind, deutlichere Unterschiede aufweisen (etwa deutlich größere Condylobasallängen) als in Gebieten, wo ausschließlich *S. araneus* vorkommt.

Gegen ein „character displacement" sprechen die durchschnittlich alle anderen an Größe übertreffenden Schädel der südlichen Oberrheintiefebene von *S. araneus*, die dort fast ausschließlich allein vorkommt. Auch *S. araneus* aus der nördlichen Oberrhein-Tiefebene oder aus dem Donautal – jeweils klar dominierend – sind größer als etwa *S. araneus* aus dem Schwarzwald oder dem Kraichgau. Ähnliches beobachtete Neet (1989, zit. in Hausser 1994) an einer Schweizer Population: Die morphologischen Unterschiede von *S. araneus* und *S. coronatus* waren zwischen allopatrischen Populationen größer als in den Kontaktzonen, wo beide Arten gemeinsam vorkommen.

Gültigkeit der neuen Diskriminanzfunktion außerhalb von Baden-Württemberg

Die Trennwirkung der neuen Diskriminanzfunktion wird durch den relativ großen Abstand der Mittelwerte beider Verteilungen gekennzeichnet. Erste Hinweise und eigene Untersuchungen an Stichproben aus Bayern, Hessen, Nordrhein-Westfalen, Thüringen, Sachsen-Anhalt, Brandenburg und Sachsen lassen die Vermutung zu, daß die neue Trennfunktion auch außerhalb Baden-Württembergs große Zuverlässigkeit besitzt.

In Ost-Thüringen, Sachsen-Anhalt, Brandenburg und Sachsen konnten einige auffallend kleine Schädel von *S. araneus* beobachtet werden. Manche zierlichen Unterkiefer wiesen relativ schlanke, „*coronatus*" – ähnliche Condyli auf. Von 531 untersuchten Unterkiefern lagen nach der Zuordnung durch den Index AH/AB 12 (= 2,26%) knapp im „*coronatus*"-Bereich. An der Zugehörigkeit dieser fraglichen Stücke zur Art *S. araneus* bestand jedoch nach Überprüfung weiterer Merkmale bzw. mit Hilfe der neuen Diskriminanzfunktion kein Zweifel.

Zusammenfassung

Eine neue Trennfunktion zur Unterscheidung von *Sorex araneus* und *S. coronatus* anhand von Schädelmerkmalen wird beschrieben. Die neue Funktion basiert auf der Messung von vier einfach zu ermittelnden Meßstrecken, die untereinander kaum korrelieren und an Gewöllematerial fast immer vorhanden sind. Die neue Diskriminanzfunktion ordnete von 114 biochemisch (PAGE) bestimmten Individuen 100% richtig zu, im Vergleich zu 92,1% bei der Diskriminanzfunktion von Hausser und Jammot (1974) und 89,81% beim Index x5/x6 von Handwerk (1987). Um auch unvollständig erhaltene Schädel bestimmen zu können, wurden für den Oberschädel und die Mandibel jeweils Indices ermittelt. Mit Hilfe der neuen Trennfunktion und gegebenenfalls anhand der Indices und Hilfsmerkmale wurde Sammlungs- und Gewöllematerial fast flächendeckend aus ganz Baden-Württemberg determiniert (ca. 4000 *Sorex araneus/coronatus*). Eine vergleichende Untersuchung an geeigneten Meßstrecken zeigte dabei geoklimatisch bedingte Schwankungen: z. B. sind Individuen aus Populationen im Alpenvorland durchschnittlich größer als solche aus den anderen Landesteilen. Zwischen verschiedenen Klimabezirken sind die interspezifischen Unterschiede meist größer als die intraspezifischen. Hinsichtlich der Bestän-

digkeit der neuen Trennfunktion ist die Größenordnung der Schwankungen vernachlässigbar, da in allen Klimabezirken die Überschneidungsbereiche der einzelnen Meßstrecken gering bleiben. Bei sympatrischer Verbreitung der beiden Arten konnte kein „character displacement" festgestellt werden.

Danksagung

Ein Teil des biochemisch (PAGE) sicher bestimmten Materials geht auf die Untersuchungen von H. Brünner (1988, 1990) zurück. Für die freundliche Überlassung dieser eingefrorenen Tiere zur Präparation der Schädel, aber auch für wertvolle Hinweise sei ihm an dieser Stelle vielmals gedankt. Für weiteres Material möchten wir uns außerdem bei der Leitung des Projektes „Wildlebende Säugetiere in Baden-Württemberg" Frau M. Braun, Dr. F. Dieterlen und Dr. R. Flösser sowie für die Überlassung des „Schönbuchmaterials" bei Prof. Dr. E. Kulzer bedanken. Ganz besonderer Dank gilt Dr. G. Armbruster der die Durchführung der Diskriminanzanalyse mit dem SPSS/PC$^+$ ermöglichte.

Literatur

Berger, M.; Feldmann, R.; Rehage, N. O.; Skiba, R. (1992): Kleinsäugetier-Zönosen bachbegleitender Feuchtgebiete des südwestfälischen Berglandes. Abh. Westf. Mus. Naturkd. Münster **54**, 1–47.

Brünner, H. (1988): Untersuchung zur Verbreitung, Ökologie und Karyologie der Waldspitzmaus (*Sorex araneus* Linne, 1758) und der Schabrackenspitzmaus (*Sorex coronatus* Millet, 1828) im Freiburger Raum mit Bemerkungen zu einigen anderen Spitzmausarten. Diplomarbeit Univ. Freiburg.

Brünner, H. (1990): Zur Verbreitung von Waldspitzmaus (*Sorex araneus* Linne, 1758) und Schabrackenspitzmaus (*Sorex coronatus* Millet, 1828) in Oberrheinebene und Schwarzwald. Unveröff. Bericht im Auftrag des Forschungsvorhabens „Wildlebende Säugetiere in Baden-Württemberg", Karlsruhe.

Bülow, B. von (1989): Beitrag zur Verbreitung der Kleinsäuger im westlichen Münsterland. Natur und Heimat **49**, 17–21.

Handwerk, J. (1987): Neue Daten zur Morphologie, Verbreitung und Ökologie der Spitzmäuse *Sorex araneus* und *S. coronatus* im Rheinland. Bonn. zool. Beitr. **38**, 273–297.

Hausser, J. (1984): Genetic drift and selection: Their respective weights in the morphological and genetic differentiation of four species of shrews in Southern Europe (Insectivora, Soricidae). Z. zool. Syst. Evolut.-forsch. **22**, 302–320.

Hausser, J. (1990): *Sorex coronatus* Millet, 1828 – Schabrackenspitzmaus. In: Handbuch der Säugetiere Europas. Hrsg. von: J. Niethammer und F. Krapp, Wiesbaden: Aula-Verlag. Pp. 279–286.

Hausser, J. (1994): The *Sorex* of the *araneus-arcticus* group (Mammalia: Soricidae): Do they actually speciate? – Special publication of Carnegie Museum of Natural History **18**, 295–306.

Hausser, J.; Jammot, D. (1974): Etude biométrique des machoires chez les *Sorex* du groupe *araneus* en Europe continentale (Mammalia, Insectivora). Mammalia **38**, 324–343.

Hausser, J.; Zuber, N. (1983): Détermination spécifique d'individus vivants des deux espèces jumelles *Sorex araneus* et *Sorex coronatus*, par deux techniques biochimiques (Insectivora, Soricidae). Revue suisse Zool. **90**, 857–862.

Hausser, J.; Hutterer, R.; Vogel, P. (1990): *Sorex araneus* Linnaeus, 1758 – Waldspitzmaus. In: Handbuch der Säugetiere Europas. Hrsg. von: J. Niethammer und F. Krapp. Wiesbaden: Aula-Verlag. Pp. 237–278.

Hausser, J.; Bosshard, F.; Taberlet, P.; Wojcik, J. (1991): Relationships between chromosome races and species of *Sorex* of the *araneus* group in the western Alps. Mémoires de la Societé vaudoise des Sciences naturelles **19**, 79–95.

Hutterer, R.; Vierhaus, H. (1984): Waldspitzmaus – *Sorex araneus* Linnaeus, 1758; Schabrackenspitzmaus – *Sorex coronatus* Millet, 1828. In: Die Säugetiere Westfalens Hrsg. von R. Schröpfer, R. Feldmann und H. Vierhaus, Abh. Westf. Mus. Naturkde. **46**, 54–60.

Kulzer, E.; Lindeiner, A. von; Wolters, I.-M. (1993): Säugetiere im Naturpark Schönbuch. Beih. Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ. **71**, 1–212.

Lehmann, E. von (1955): Über die Untergrundmaus und Waldspitzmaus in NW-Europa. Bonn. zool. Beitr. **6**, 8–27.

Linder, A.; Berchthold, W. (1982): Statistische Methoden III: Multivariate Verfahren. Birkhäuser Verlag.

Loch, R. (1977): A biometrical study of karyotypes A and B of *Sorex araneus* Linnaeus, 1758, in the Netherlands (Mammalia, Insectivora). Lutra **19**, 21–35.

Lorenz, R. J. (1988): Grundbegriffe der Biometrie (2. Auflage). Jena: Gustav Fischer Verlag.

Mys, B.; van der Straeten, E.; Verheyen, W. (1985): The biometrical and morphological identification and the distribution of *Sorex araneus* L., 1758 and *Sorex coronatus* Millet, 1828 in Belgium (Insectivora, Soricidae). Lutra **28**, 55–70.

Neet, C. R. (1992): The use of fur colour characters to distinguish the sibling species *Sorex araneus* and *Sorex coronatus* (Insectivora, Soricidae): a field test in a zone of parapatric contact. Z. Säugetierkunde **57**, 176–178.

Neet, C. R.; Hausser, J. (1991): Biochemical analysis and determination of living individuals of the Alpine karyotypic races and species of the *S. araneus* group. Mémoires de la Societé vaudoise des Sciences naturelles **19**, 97–106.

Olert, J. (1973): Schädelmessungen an rheinischen Wald- und Schabrackenspitzmäusen. Bonn. zool. Beitr. **24**, 366–373.

Pieper, H. (1978): Zur Kenntnis der Spitzmäuse (Mammalia, Soricidae) in der Hohen Rhön. Beitr. Naturkdl. Osthessen **13/14**, 101–106.

Sachs, L. (1992): Angewandte Statistik (7. Auflage). Heidelberg: Springer-Verlag.

Turni, H.; Schönherr, R. (1994): Neue Nachweise der Schabrackenspitzmaus (*Sorex coronatus*) in Baden-Württemberg durch Polyacrylamidgel-Elektrophorese. Z. Säugetierkunde **59**, 321–325.

Anschrift der Verf.: Hendrik Turni und Prof. Dr. Ewald F. Müller, Zoologisches Institut, Abt. Physiol. Ökologie, Universität Tübingen, Auf der Morgenstelle 28, D-72076 Tübingen.